

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-205578

(43)Date of publication of application : 09.08.1996

(51)Int.Cl.

H02P 6/16

H02P 6/08

H02P 7/05

(21)Application number : 07-027599

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 24.01.1995

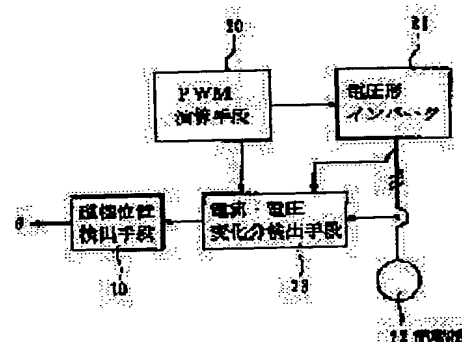
(72)Inventor :  
AKAGI YASUBUMI  
OGASAWARA SATOSHI  
AIHARA TAKASHI  
FUJITA KOETSU

## (54) DEVICE FOR SENSING MAGNETIC-POLE POSITION OF MOTOR

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To reduce the controller-cost of a motor and solve such problems as functional deterioration, defective wiring and disconnection which are accompanied by the wirings for obtaining the power supplies and outputs of ordinary sensors, by sensing the magnetic-pole position of the motor having an electric salient-pole quality without the use of an ordinary sensor.

**CONSTITUTION:** A device for sensing a magnetic-pole position which is adapted to the system for driving such a motor having an electric salient-pole quality as a synchronous motor by a voltage PWM inverter. The device has means 23 for sensing synchronously with the switching of its inverter the variation parts of both the output-current ripple and the time-integration value of the output voltage of its inverter. The device further has magnetic-pole position sensing means 10 for sensing the magnetic-pole position of the motor based on a current-voltage equation of the motor which is observed from the stator coordinate of the motor while using the variation parts of both the output-current ripple and the time-integration value of the output voltage of its inverter.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-205578

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 P 6/16

6/08

7/05

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 2 P 6/ 02

3 5 1 N

3 5 1 J

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平7-27599

(22) 出願日

平成7年(1995)1月24日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 赤木 泰文

岡山県岡山市東睦191-14

(72) 発明者 小笠原 悟司

岡山県岡山市西古松238-105 西古松住宅  
1-404

(72) 発明者 藍原 隆司

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 森田 雄一

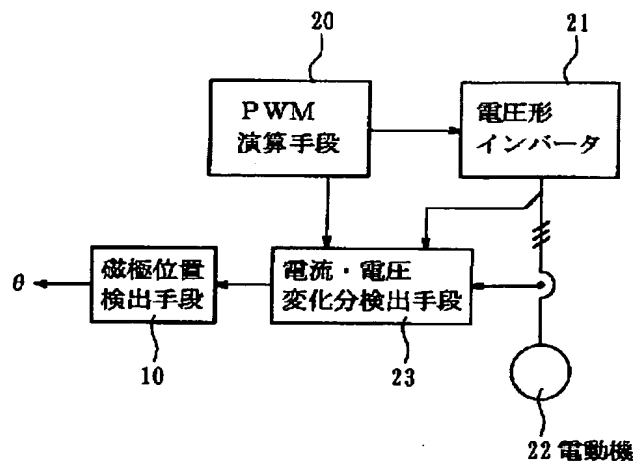
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機の磁極位置検出装置

(57) 【要約】

【目的】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置をセンサレスにて検出し、コストを低減する。センサ電源やセンサ出力を得るための配線に伴う機能低下、誤配線、断線等の不都合を解消する。

【構成】 同期機等の電氣的突極性を有する電動機を電圧形PWMインバータにより駆動するシステムに適用される磁極位置検出装置に関する。PWM制御の各スイッチング区間におけるインバータの出力電流リップルの変化分及び出力電圧の時間積分値の変化分をインバータのスイッチングに同期して検出する手段23と、前記出力電流リップルの変化分及び出力電圧の時間積分値の変化分を用い、固定子座標から観測した電動機の電流・電圧方程式に基づいて磁極位置を検出する磁極位置検出手段10とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を電圧形 PWM インバータにより駆動するシステムにおいて、

PWM 制御の各スイッチング区間におけるインバータの出力電流リップルの変化分及び出力電圧の時間積分値の変化分をインバータのスイッチングに同期して検出する手段と、

前記出力電流リップルの変化分及び出力電圧の時間積分値の変化分を用い、固定子座標から観測した電動機の電流・電圧方程式に基づいて磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 2】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を電圧形 PWM インバータにより駆動するシステムにおいて、

PWM 制御の各スイッチング区間におけるインバータの出力電流リップルの変化分をインバータのスイッチングに同期して検出する手段と、

前記出力電流リップルの変化分、スイッチングパターン、スイッチングの時間間隔及びインバータの直流電圧を用い、固定子座標から観測した電動機の電流・電圧方程式に基づいて磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 3】 電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を電圧形 PWM インバータにより駆動するシステムにおいて、

PWM 制御の各スイッチング区間におけるインバータの出力電流リップルの変化分をインバータのスイッチングに同期して検出する手段と、

前記出力電流リップルの変化分、スイッチングパターン及びスイッチングの時間間隔を用い、固定子座標から観測した電動機の電流・電圧方程式に基づいて磁極位置を検出する磁極位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 4】 請求項 1、2 または 3 記載の電動機の磁極位置検出装置において、

ある区間のスイッチングパターンの中に、零電圧ベクトル以外の少なくとも二以上の瞬時空間電圧ベクトルに対応するスイッチングパターンが含まれるように演算する PWM 演算手段を備えたことを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の磁極位置検出装置において、

PWM 演算手段は、時間平均値が零になるような補助電圧指令値を発生させる補助指令演算手段と、インバータの出力電圧指令値と前記補助電圧指令値とを加算する加算器とを有し、この加算器出力に応じて PWM 信号を生成することを特徴とする電動機の磁極位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電氣的突極性を持つ電動機、例えば同期電動機やリラクタンスモータの回転子の磁極位置をセンサレスにて検出するための電動機の磁極位置検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】同期電動機（例えばブラシレスモータ）やリラクタンスモータを駆動する際には、所望のトルクを発生させるために、回転子の磁極位置に対応した適切な位相でインバータ等により電流を供給する必要がある。これらの電動機に対する従来の駆動装置においては、図 7（a）に示すような方法により回転子の磁極位置を検出していた。すなわち、電動機 1 の回転子軸 1a に磁極位置センサ 2 を取り付け、更に精度が必要な場合にはこの磁極位置センサ 2 とパルスエンコーダ 3 とを併用するなどしていた。なお、図 7（b）は磁極位置センサ 2 の各相分の出力信号、図 7（c）はパルスエンコーダ 3 の出力信号の一例である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術においては、磁極位置を検出するために磁極位置センサ 2 やパルスエンコーダ 3 を用いているので、センサ自体やその出力信号の配線及び受信回路を設ける分、コスト高になるという問題があった。また、センサへの電源供給や出力信号を伝達するための配線距離を長くすると、配線抵抗による電圧降下が大きくなってセンサの動作に支障を生じるため、配線距離上の制約がある他、その配線接続において誤配線や断線等のトラブルが発生する不都合があった。

【0004】本発明は上記種々の問題点を解決するためになされたもので、その目的とするところは、磁極位置検出用の各種センサ自体やその電源、出力等の配線を不要とし、コストの低減を図ると共に配線に伴う不都合を解消した電動機の磁極位置検出装置を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、第 1 の発明は、電氣的突極性を有する電動機の磁極位置を検出し、この電動機を電圧形 PWM インバータにより駆動するシステムにおいて、PWM 制御の各スイッチング区間におけるインバータの出力電流リップルの変化分及び出力電圧の時間積分値の変化分をインバータのスイッチングに同期して検出する手段と、前記出力電流リップルの変化分及び出力電圧の時間積分値の変化分を用い、固定子座標から観測した電動機の電流・電圧方程式に基づいて磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備えたものである。

【0006】第 2 の発明は、PWM 制御の各スイッチング区間におけるインバータの出力電流リップルの変化分をインバータのスイッチングに同期して検出する手段と、

前記出力電流リップルの変化分、スイッチングパターン、スイッチングの時間間隔及びインバータの直流電圧を用い、固定子座標から観測した電動機の電流・電圧方程式に基づいて磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備えたものである。

【0007】第3の発明は、PWM制御の各スイッチング区間におけるインバータの出力電流リップルの変化分をインバータのスイッチングに同期して検出する手段と、前記出力電流リップルの変化分、スイッチングパターン及びスイッチングの時間間隔を用い、固定子座標から観測した電動機の電流・電圧方程式に基づいて磁極位置を検出する磁極位置検出手段とを備えたものである。

【0008】第4の発明は、上記第1、第2または第3の発明において、ある区間のスイッチングパターンの中に、零電圧ベクトル以外の少なくとも二以上の瞬時空間電圧ベクトルに対応するスイッチングパターンが含まれ

$$\begin{bmatrix} v_{\alpha} \\ v_{\beta} \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 + L_0 + L_1 \cos 2\theta & L_1 \sin 2\theta \\ L_1 \sin 2\theta & 1 + L_0 - L_1 \cos 2\theta \end{bmatrix} \left( \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \end{bmatrix} \right) \\ + \frac{d\theta}{dt} 2L_1 \begin{bmatrix} -\sin 2\theta & \cos 2\theta \\ \cos 2\theta & \sin 2\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \end{bmatrix} + \phi_{ms} \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$

【0012】なお、数式1において、 $v_{\alpha}$ 、 $v_{\beta}$ 、 $i_{\alpha}$ 、 $i_{\beta}$ は電動機の電圧、電流（インバータの出力電圧、出力電流）の直交二軸成分、 $r$ は電動機の電機子抵抗、 $l$ は電動機の漏れインダクタンス、 $L_0$ 、 $L_1$ は電動機の電機子反作用のインダクタンス、 $\phi_{ms}$ は同期電動機の場合に存在する界磁磁束（リラクタンスモータの場合は0）、 $\theta$ は磁極位置を示している。

【0013】インバータをPWM制御した場合に生じる電流リップルは数式1に従うため、インバータの出力電流、出力電圧を観測し、これらに基づいて数式1の係数行列を逆算すれば、各係数から電動機の磁極位置 $\theta$ を求めることができる。但し、PWM制御による電流リップルが固定子座標上の観測軸とほぼ一致した状態にあるときは、直交軸の他方成分がほぼ零となるため、数式1の係数行列を求めることができない。そこで、ある区間のスイッチングパターンの中に、零電圧ベクトル以外の少なくとも二以上の瞬時空間電圧ベクトルに対応するスイッチングパターンが含まれるようにPWM演算を行なうことで、観測軸とは、ずれた方向の電流リップルを含ませることができ、係数行列の逆算により磁極位置 $\theta$ を求めることができる。

【0014】

【実施例】以下、図に沿って各発明の実施例を説明する。まず、第1の発明の実施例につき述べる。前述のよ

うに演算するPWM演算手段を備えたものである。

【0009】更に、第5の発明は、上記第4の発明におけるPWM演算手段は、時間平均値が零になるような補助電圧指令値を発生させる補助指令演算手段と、インバータの出力電圧指令値と前記補助電圧指令値とを加算する加算器とを有し、この加算器出力に応じてPWM信号を生成するものである。

【0010】

【作用】電氣的突極性を有する電動機においては、その電氣的特性を固定子座標上の直交二軸（ $\alpha$ - $\beta$ 軸）により表現した電流・電圧方程式における係数行列が、数式1に示すように磁極位置（回転子位置） $\theta$ の関数となる。

【0011】

【数1】

うに、固定子座標から観測した突極形同期機の電流・電圧方程式は数式1により表わされる。

【0015】PWM制御による電流リップルの周波数に比べて、インバータ出力の基本波周波数が十分に低いとき、突極形同期電動機の電圧及び電流を数式2のように基本波成分／高調波成分に分けた場合のPWM周波数に近い高調波成分に対する電流・電圧方程式は、数式3のように近似することができる。なお、数式3では電機子抵抗 $r$ の影響を無視している。

【0016】

【数2】

$$v_{\alpha} = v_{\alpha}'' + v_{\alpha}'$$

$$v_{\beta} = v_{\beta}'' + v_{\beta}'$$

$$i_{\alpha} = i_{\alpha}'' + i_{\alpha}'$$

$$i_{\beta} = i_{\beta}'' + i_{\beta}'$$

$$\begin{pmatrix} v_{\alpha}'' & v_{\beta}'' & i_{\alpha}'' & i_{\beta}'' & : \text{基本波成分} \\ v_{\alpha}' & v_{\beta}' & i_{\alpha}' & i_{\beta}' & : \text{高調波成分} \end{pmatrix}$$

【0017】

【数3】

$$\begin{bmatrix} v_{\alpha}' \\ v_{\beta}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + L_0 + L_1 \cos 2\theta & L_1 \sin 2\theta \\ L_1 \sin 2\theta & 1 + L_0 - L_1 \cos 2\theta \end{bmatrix} \left( \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{\alpha}' \\ i_{\beta}' \end{bmatrix} \right)$$

【0018】図1は、PWM波形とそのときの電流リップル波形を示している。この図1において、スイッチング区間0, 1, 3, 7は、インバータ出力の瞬時空間電圧ベクトルが図6における $V_0, V_1, V_3, V_7$ （便宜上、本文ではベクトルを太字により記していない。以下同じ。）となるようなスイッチングパターンをとっている区間であり、各ベクトルに対応するスイッチングパターンのうち例えば $V_1$ に対応する(100)は、三相各相の上下アームのうちU相では上アームのスイッチング素子がオン、下アームのスイッチング素子がオフ、V相及びW相では上アームのスイッチング素子がオフ、下アームのスイッチング素子がオンの状態を指している。

$$V_k' = V_k - V_k' \approx V_k - e$$

$$e = \sum \zeta_k V_k, \quad \zeta_k = \frac{t_k}{\sum t_k}$$

$$\Delta i_k' = \Delta i_k - \Delta i_k'' \approx \Delta i_k - \zeta_k \Delta i$$

$$\Delta i = \sum \Delta i_k \quad (k=0, 1, 3, 7)$$

【0021】

【数5】

$$[L]^T = \begin{bmatrix} \Delta i_0' \\ \Delta i_1' \\ \Delta i_3' \\ \Delta i_7' \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} V_0' t_0 \\ V_1' t_1 \\ V_3' t_3 \\ V_7' t_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + L_0 + L_1 \cos 2\theta & L_1 \sin 2\theta \\ L_1 \sin 2\theta & 1 + L_0 - L_1 \cos 2\theta \end{bmatrix}$$

【0022】また、数式6を仮定すると、数式5における擬似逆行列 $H^{LM}$ は、数式7により表わされる。

【0023】

【数6】

$$H = \begin{bmatrix} \Delta i_0' \\ \Delta i_1' \\ \Delta i_3' \\ \Delta i_7' \end{bmatrix}^T$$

【0024】

【数7】

$$H^{LM} = (H^T H)^{-1} H^T$$

【0025】更に、数式5により得られたマトリクスLの各要素を数式8により表わすと、磁極位置 $\theta$ は数式9により求めることができる。

【0026】

【数8】

$$L = \begin{bmatrix} 1 + L_0 + L_1 \cos 2\theta & L_1 \sin 2\theta \\ L_1 \sin 2\theta & 1 + L_0 - L_1 \cos 2\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix}$$

【0027】

【数9】

$$(L_{11} - L_{22}) / 2 = L_1 \cos 2\theta$$

$$(L_{12} + L_{21}) / 2 = L_1 \sin 2\theta$$

【0028】数式9にはモータパラメータ $L_1$ が入っているが、数式10のように変形すればモータパラメータに依存なくなり、各種の電氣的突極性を有する電動機に適用することができる。

【0029】

【数10】

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{L_{11} + L_{21}}{L_{11} - L_{22}} \right)$$

【0030】なお、数式5における $V_n' t_n$  ( $n=0, 1, 3, 7$ ) はインバータ出力電圧の積分値から求めることもできるし、PWM制御のスイッチングパターン(ON/OFFパターン)、スイッチング時間間隔 $t_0, t_1, t_3, t_7$ 及びインバータの直流電圧値から求めることも可能である。

【0031】上記原理を具体化した第1の発明の実施例を図2に示す。図2において、20はPWM演算手段、21は電圧形インバータ、22は電動機、23は電流・電圧変化分検出手段、10は磁極位置検出手段である。

【0032】この構成では、電流・電圧変化分検出手段23においてPWM制御のスイッチングに同期してインバータ21の出力電流リップルの変化分をサンプリングすると共に、インバータ21の出力電圧の積分値の変化分もサンプリングしている。これら変化分は前記数式5の演算に用いられる。ここで、PWM演算手段20から電流・電圧変化分検出手段23に送られている信号は、スイッチングに同期させて各変化分を検出するためのタクト信号である。磁極位置検出手段10は、電流・電圧変化分検出手段23の出力信号を用い、数式5、数式8～数式10の演算を行なって磁極位置 $\theta$ を検出する。

【0033】次に、第2の発明の実施例を図3に示す。この実施例では、インバータ21の出力電圧に代えて直流電圧を検出し、磁極位置検出手段10が前記直流電圧、PWM制御のスイッチングパターン及びスイッチング時間間隔に基づいて数式5の $V_n' t_n$ を求めると共に、電流変化分検出手段23'から入力された出力電流リップルの変化分を用いて数式5、数式8～数式10の演算を行なうことにより、磁極位置 $\theta$ を検出する。

【0034】なお、前記数式10によればモータパラメータ $L_1$ が含まれないことから、直流電圧値を適当な基準値により代用すれば、実際の直流電圧を検出することなく磁極位置 $\theta$ を求めることができる。そこで、別の実施例として図4に示すように、PWM制御の各スイッチング区間における電流リップルの変化分とスイッチングパターン及びスイッチング時間間隔を用いて、直流電圧を利用せずに磁極位置 $\theta$ を検出することが可能である。この実施例は、第3の発明の実施例に相当している。

【0035】なお、上記各実施例では、PWM制御による電流リップルが固定子座標上の観測軸とほぼ一致した状態にあるときは直交軸の他方の成分がほぼ零になり、数

式5の擬似係数行列が無限大に発散するため、数式8の係数行列を求めることができない。

【0036】そこで、ある区間のスイッチングパターン中に、常に零電圧ベクトル以外の少なくとも二つ以上の瞬時空間電圧ベクトルに対応するスイッチングパターンが含まれるようにすることで、観測軸とは、ずれた方向の電流リップルを含ませることができ、常に数式8の係数行列を求めることができるようになる。この着想は、第4及び第5の発明の実施例に相当している。

【0037】例えば、図5に示すように、その出力の時間平均が零になるような補助電圧指令値を磁極位置 $\theta$ に従って出力する補助電圧指令演算手段20Aと、上記補助電圧指令値ともの電圧指令値とを加算する加算器20Bと、PWM信号発生手段20CとによってPWM演算手段20'を構成する。これにより、ある期間内に電圧指令ベクトルの方向を変えるように補助電圧指令値がもとの電圧指令値に加えられるため、前述したような問題がなくなると共に、インバータの平均出力電圧を指令どおりにすることができる。

【0038】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、同期電動機やリラクタンスモータ等の電氣的突極性を持つ電動機の駆動システムにおいて、磁極位置検出用の各種センサを用いることなく電動機の停止状態から駆動状態まで磁極位置を検出することが可能になる。このため、センサ自体やその電源、出力等の配線が不要になり、コストの低減を図ることができると共に、配線の電圧降下によるセンサ電源電圧の低下や出力信号の減衰、誤配線、断線等のトラブルも防止できるといった効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるPWM波形及び電流リップル波形図である。

【図2】第1の発明の実施例を示すブロック図である。

【図3】第2の発明の実施例を示すブロック図である。

【図4】第3の発明の実施例を示すブロック図である。

【図5】第4及び第5の発明の実施例におけるPWM演算手段の構成を示すブロック図である。

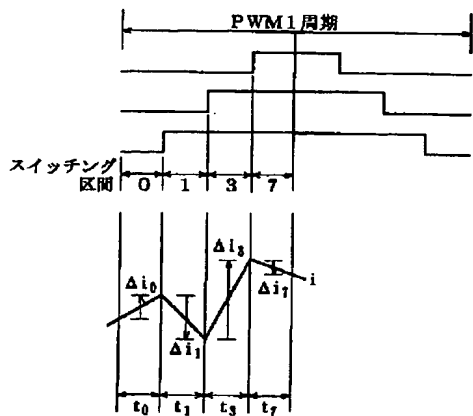
【図6】瞬時空間電圧ベクトルの説明図である。

【図7】従来技術の説明図である。

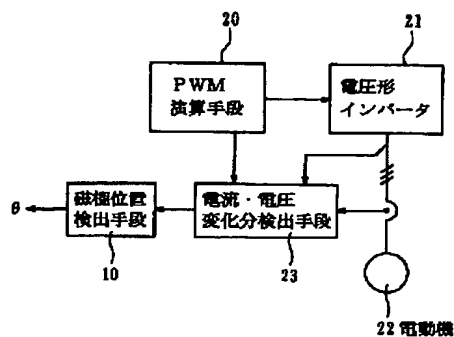
【符号の説明】

- 10 磁極位置検出手段
- 20, 20' PWM演算手段
- 20A 補助電圧指令演算手段
- 20B 加算器
- 20C PWM信号発生手段
- 21 電圧形インバータ
- 22 電氣的突極性を有する電動機
- 23 電流・電圧変化分検出手段
- 23' 電流変化分検出手段

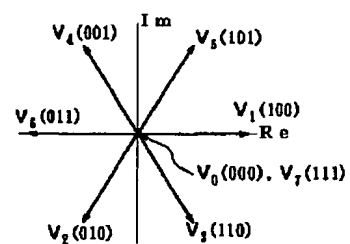
【図1】



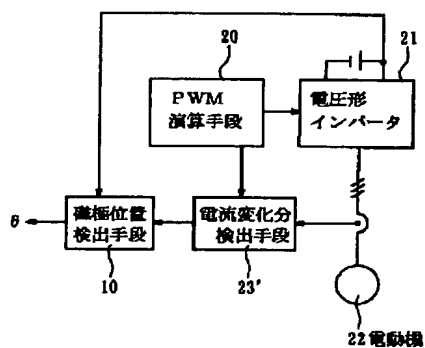
【図2】



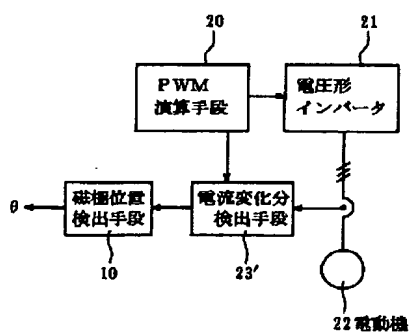
【図6】



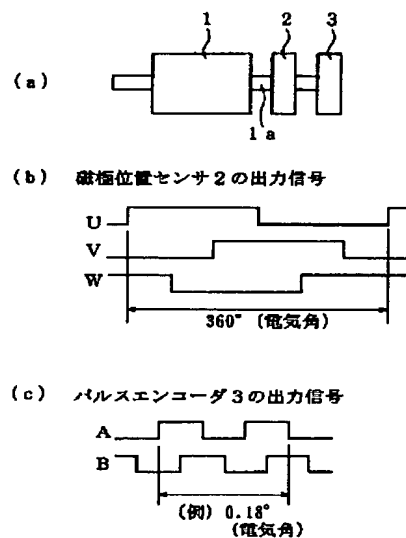
【図3】



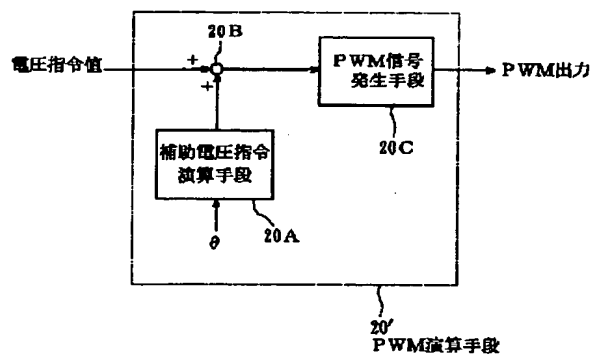
【図4】



【図7】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 藤田 光悦  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号  
富士電機株式会社内